

USULAN
PENELITIAN DOSEN MUDA



PROSES PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI BAHAN
SELLULOSA SERAT ALAM (AGAVE SISALANA) DAN *CHITOSAN*

Pengusul:

FERRIAWAN YUDHANTO

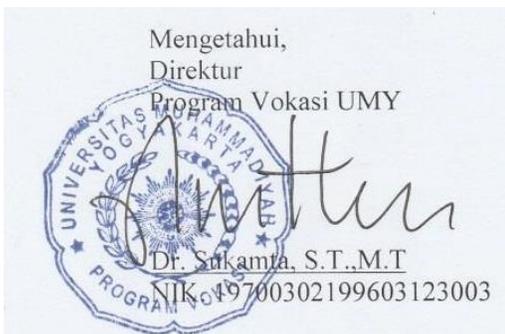
NIDN : 0527078005

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN OTOMOTIF DAN MANUFAKTUR
PROGRAM VOKASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAHYOGYAKARTA
OKTOBER, 2016

**HALAMAN PENGESAHAN
USULAN PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. a. Judul Penelitian : **Proses Pembuatan Plastik Biodegradable dari Bahan Selulosa Serat Alam (Agave Sisalana) dan Chitosan**
2. Bidang Penelitian : Teknik Material (Composite)
3. Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ferriawan Yudhanto, S.T.,M.T
 - b. NIDN : 0527078005
 - c. Pangkat/ Jabatan/Golongan : III b / Tenaga Pengajar
 - d. Bidang spesialisasi : Rekayasa Material (*Composite*)
 - e. Institusi Perguruan Tinggi : Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta
 - f. Alamat : Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta
 - g. No Telp/Hp : (0274) 387656 – Ext 265 / 081904104679
 - h. Email : ferriawan@umy.ac.id
4. Pembimbing
 - a. Nama Lengkap : Drs. Sudarisman, M.S.Mechs.,Ph.D
 - b. NIP : 19590502 198702 1001
 - c. Pangkat/ Jabatan/Golongan : IV a / Lektor Kepala
 - d. Bidang spesialisasi : Teknik Material (*Composite*)
 - e. Institusi Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 - f. Alamat : Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta
 - g. No Telp/Hp : (0274) 387656 / 081804307825
 - h. Email : sudarisman05@yahoo.com.au
5. Tempat Penelitian : Laboratorium Bahan Teknik (Material) UGM
6. Waktu : 6 (enam) Bulan
7. Biaya yang digunakan : Rp. 10.000.000,- (Sepuluh juta rupiah)

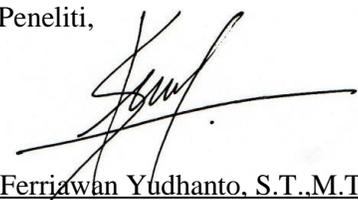
Yogyakarta, 08 Oktober 2016



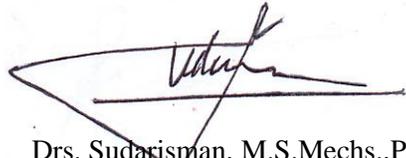
Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian UMY

Hilman Latief, M.A.,Ph.D
NIK. 19750912200004113033

Peneliti,


Ferriawan Yudhanto, S.T.,M.T.
NIK. 19800727201210183003

Pembimbing Peneliti,


Drs. Sudarisman, M.S.Mechs.,Ph.D.
NIP. 19590502 198702 1001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	3
2.2 Landasan Teori.....	4
2.2.1 Selulosa (<i>Cellulose</i>).....	4
2.2.2 Keberadaan Selulosa.....	6
2.2.3 Macam-macam Selulosa.....	7
2.2.4 Chitosan.....	7
2.2.5 Gliserol.....	8
III. METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	9
3.2 Tempat Pengujian.....	10
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian	10
3.4 Alat.....	10
3.5 Peralatan Karakterisasi dan Uji Mekanik.....	10
3.6 Rancangan Penelitian.....	11
3.7 Objek Penelitian.....	12
3.8 Prosedur Percobaan.....	12
IV. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN	14
DAFTAR PUSTAKA	14

RINGKASAN

Plastik *biodegradable* (bioplastik) merupakan bahan alternatif untuk menggantikan plastik kemasan makanan konvensional. Kelebihan Plastik ini adalah ramah lingkungan dan tidak beracun (*non toxic*) karena dibuat dengan polimer alam yaitu *chitosan* (limbah kulit udang). Penambahan selulosa pada *chitosan* dengan gliserol sebagai pemlastis diharapkan mampu menghasilkan plastik yang kuat, elastis dan tahan lama. *Chitosan* merupakan biopolimer yang memiliki zat antimikrobia sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengawet. Pada penelitian ini dipelajari mengenai pengaruh penambahan selulosa terhadap sifat mekanik dan fisis dari bioplastik. Pengujian Mekanis yang dilakukan pada bioplastik tersebut yaitu uji tarik sedangkan uji fisis untuk melihat karakterisasinya adalah SEM (*Scanning Electron Microscope*), FTIR (*Fourier Transform Infrared*), dan X-Ray Difraksi.

Kata kunci: Serat sisal, chitosan, uji mekanis, uji fisis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serat alam berlignoselulosa yang berasal dari sumber daya alam terbaru seperti kayu dan non-kayu (bambu, sisal, kenaf, rami, dan lain-lain) merupakan bahan baku terbesar ketersediaannya di alam. Sebagai komponen penguat di dalam material komposit, serat alam ini mempunyai keunggulan antara lain sifatnya yang dapat diperbarui, dapat didaur ulang serta dapat terbiodegradasi di lingkungan (Zimmermann *et al.*, 2004). Selain itu, serat alam mempunyai sifat mekanik yang baik dan lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik. Di lain pihak serat alam memiliki kelemahan terutama kemudahannya menyerap air (*hidrophilic*), kualitas yang tidak seragam, serta memiliki kestabilan yang rendah terhadap panas (Oksman *et al.*, 2003). Tingginya tingkat penebangan hutan akibat meningkatnya penggunaan kayu sebagai bahan baku berbagai industri perkayuan menyebabkan perlunya mengganti serat alam dari kayu dengan serat alam non-kayu untuk bahan penguat (*reinforced material*). Serat alam non-kayu memiliki keuntungan dibandingkan dengan kayu diantaranya adalah kemudahan dipanen dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan pohon kayu, serta kemudahannya dibudidayakan. Selain itu pemanfaatan limbah-limbah hasil pertanian serta hasil industri pasca panen merupakan solusi tersendiri bagi pemenuhan bahan penguat. Selain dikarenakan masih mengandung serat yang sangat tinggi juga biasanya sedikit sekali mengandung lignin karena telah terbuang pada proses pasca panen.

Produk-produk industri terutama di bidang pengolahan hasil hutan menghasilkan berbagai produk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Tumbuhan merupakan bahan yang dapat terbaharukan (*renewable*) dan berkelanjutan (*sustainable*). Sisal (*Agave sisalana*) merupakan tanaman yang hanya tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Serat sisal diekstraksi dari daunnya. Satu tanaman sisal memproduksi sekitar 200-250 daun dimana satu daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat. Dari 100 kg daun sisal, serat yang dihasilkan dari daun tersebut sekitar 3-4 kg (rendemen 3-4%). Berdasarkan berat kering, serat sisal terdiri dari 54-66% selulosa, 12-17% hemiselulosa, 7-14% lignin, 1% pektin, dan 1-7% abu. Serat sisal berupa bundel mempunyai panjang 1-1,5 meter dan diameter 100-300 μm . Sisal mempunyai serat yang keras, kasar, sangat kuat dan berwarna putih kekuningan. Kerapatan serat 1,3-1,5 g/cm^3 , kekuatan tarik serat 510-635 N/mm^2 , dan modulus tarik 9,4-22,0 GPa (Dahal *et al.*, 2003). Serat sisal ini banyak digunakan untuk tali, tali pada kapal, tali pancing.

Plastik kemasan merupakan wadah atau tempat untuk memberikan perlindungan sesuai tujuannya (Badriyah dan Kuni, 2007). Sebagian besar penggunaan plastik kemasan adalah sebagai pembungkus makanan karena memiliki kelebihan antara lain bersifat kuat, ringan, fleksibel, tahan lama dan ramah. Plastik *biodegradable* yang sering disebut dengan bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional tetapi mudah terdegradasi secara alami. Penelitian dan pembuatan bioplastik sendiri sudah banyak dilakukan akan tetapi kurangnya ketahanan degradasi dan kekuatan pada bioplastik menjadi masalah pada pemakaian bioplastik ini sehingga perlu dilakukan penambahan penguat dan pengawet. Penambahan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menambahkan mikroselulosa yang didapat dari ekstraksi serat sisal (*agave sisalana*) yang bertujuan untuk memperkuat bioplastik. Sedangkan *chitosan* digunakan sebagai pengawet dari bahan alam dan sekaligus sebagai biopolimer pada pembuatan bioplastik. *Chitosan* merupakan modifikasi protein dari *chitin* yang ditemukan pada kulit udang, kepiting, lobster dan serangga. Selain sebagai pengawet *chitosan* bermanfaat untuk menambah sifat transparansi plastik yang dihasilkan (Joseph, et al 2009). Gliserol ditambahkan sebagai unsur pemlastis untuk meningkatkan kelenturan dan kelembutan dari bahan polimer (Ishak dan Muhammad, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah yang akan dikaji lebih lanjut pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses ekstraksi serat sisal sehingga dapat terurai dan menghasilkan *microfibril cellulose*...?
2. Bagaimana pengaruh penambahan selulosa dan gliserol sebagai penguat dan pemlastis terhadap biopolimer (*chitosan*)...?
3. Bagaimana sifat mekanis plastik *biodegradable* (bioplastik)?
4. Bagaimana sifat fisis plastik *biodegradable* (bioplastik) ...?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui proses mengekstrak selulosa dari serat *agave sisalana* menggunakan metode kimia (*chemical process*) untuk mengidentifikasi bagian serat yang lebih mudah terurai melalui analisis struktur kimia dan morfologinya.

2. Mengetahui karakteristik mekanis bioplastik dengan menambahkan mikroselulosa dan gliserol sebagai penguat dan pemlastis.
3. Mengetahui pengaruh ukuran selulosa terhadap kekuatan mekanis dan fisis bioplastik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, meliputi :

1. Penelitian ini hanya menggunakan bahan baku serat sisal (*agave sisalana*) dari daerah Sumenep Madura yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas), Malang, Jawa Timur dengan spesifikasi serat akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab Bahan Penelitian.
2. Penelitian ini merujuk dua proses yaitu *chemical procedur* seperti *alkalizaion*, *bleaching* dan *hydrolisis*. Proses kedua adalah proses ekstrasi (*extraction process*) dengan proses mekanis *ultrasonikasi*, *multi centrifuge* dan *magnetic stiring*.
4. Chitosan sebagai biopolimer didapatkan dari *Sigma Aldrich* sehingga terjaga nilai kemurnian kandungannya. Gliserol sebagai pemlastis diukur setiap penambahannya kedalam chitosan sebagai pemlastis.
3. Pengujian karakterisasi diantaranya Pengujian Tarik (*tensile strength*) material plastik, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Plastik *biodegradable* pada umumnya sering diistilahkan EDPs (*Environmentally Degradable Polymer*). EDPs adalah polimer yang terdegradasi secara proses biotik dan abiotik atau kombinasi keduanya di lingkungan tanpa meninggalkan residu *toxic* (Swift, 2011). Menurut Chiellini, 2011 definisi dari EDPs yaitu degradasi dari bahan yang terbuat dari polimer dan plastik terjadi pada kondisi biotik yang dimediasi oleh aksi makroorganisme (fragmentasi) atau mikroorganisme (biodegradasi) atau pada kondisi abiotik yang dimediasi oleh agen kimia atau fisika-kimia.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menghasilkan bioplastik dari bahan pati. Bioplastik ini memiliki kelemahan yaitu kurang tahan terhadap air (bersifat hidrofilik) dan sifat mekaniknya masih rendah (kekuatan tarik dan *modulus Young*). Salah satu cara untuk mengurangi sifat hidrofilik adalah dengan mencampur pati dengan biopolimer lain yang bersifat hidrofobik, seperti kitosan dan protein (Ban, 2006; Taylor, 2006; talja, 2006). Sedangkan untuk memperbaiki sifat mekaniknya (terutama sifat elastisitasnya) dapat dilakukan dengan menambahkan *plasticizer* berupa gliserol serta penambahan *microfibril cellulose* yang memiliki bentuk gugus fungsi kristalinitik dengan rantai monomer panjang dan tidak bercabang sehingga diharapkan menambah sifat kaku pada bioplastik.

Faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik pada suatu plastik adalah afinitas antara tiap komponen penyusunnya (Damayanti dan Dessy, 2003). Afinitas adalah suatu kemampuan atom-atom molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu atau berikatan, dengan adanya peningkatan afinitas maka semakin banyak terjadi ikatan antar molekul. Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Sifat mekanik yang dianalisis meliputi kekuatan tarik dan kemuluran.

Menurut Cahyaningrum, S. E. *et al*, 2007 kitosan mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan antara lain *hydrophilicity*, *biocompatibility*, *degradability*, sifat anti bakteri, dan mempunyai afinitas yang besar terhadap enzim. Kitosan bersifat hidrofilik, menahan air dalam strukturnya dan membentuk gel secara spontan, sehingga kitosan mudah membentuk membran atau film. Pembentukan gel berlangsung pada harga pH asam yang disebabkan adanya sifat kationik kitosan. Viskositas juga meningkatkan dengan meningkatnya derajat deasetilasi. *Biocompatible* didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk memberi respon biologis yang baik (non toksik) dan tidak mempunyai sifat karsinogenik (Christianty dan Maria Ulfa. 2009).

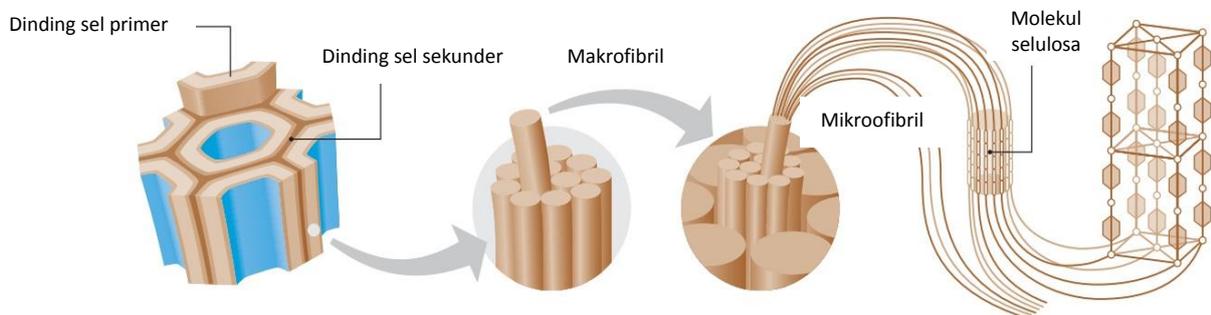
2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Selulosa (*Cellulose*)

Dalam dinding sel tumbuhan bebenang atau serat yang terbentuk adalah serat selulosa. Terdapat dua jenis selulosa di dalam serat selulosa yaitu selulosa mikrofibril dan selulosa makrofibril berbentuk seperti benang yang berkumpul bersama membentuk sel polisakarida dan protein pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan dan daun. Susunan selulosa mikrofibril di antara polisakarida dan protein menghasilkan ikatan

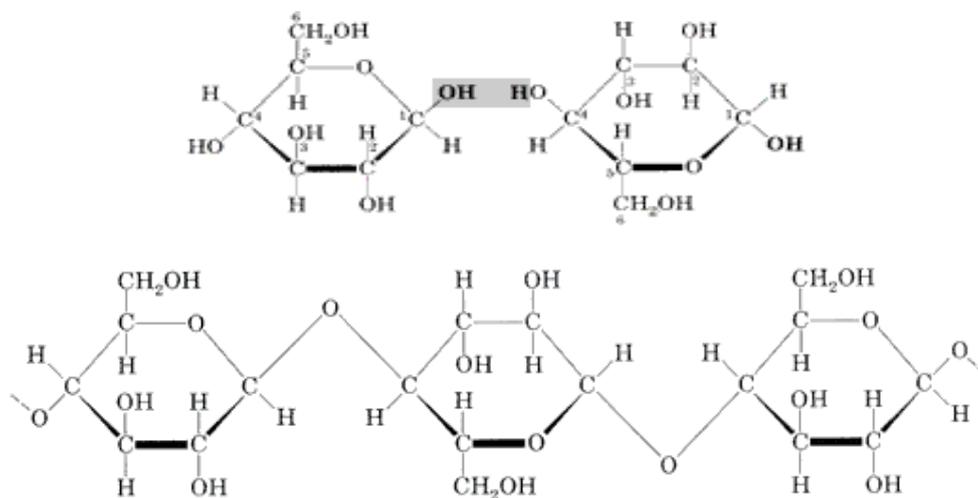
yang kuat pada dinding sel tumbuhan. Dinding sel tumbuhan menjalankan berbagai fungsi diantaranya ialah menegarkan dinding sel.

Dinding sel melindungi bagian dalam sel tumbuhan. Tidak seperti komponen dinding sel yang lain, yang mana proses sintesis terjadi pada bagian dalam sel tumbuhan, selulosa disintesis di atas permukaan dinding sel. Berada di antara plasma membran tumbuhan ialah enzim yang disebut dengan selulosa sintesis yang bertindak mensintesiskan selulosa. Apabila selulosa disintesis, maka akan timbul selulosa mikrofibril yang berada pada permukaan dalam sel. Kemudian selulosa mikrofibril akan mengikat di antara satu sama lain untuk membentuk selulosa makrofibril yang berada pada permukaan tengah sel. Selulosa makrofibril membesar untuk membentuk serat yang dinamakan serat selulosa.



Gambar 2.1 Struktur bagian dalam dari serat alam

Selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ adalah polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat, dari beta-glukosa (β -D-glukosa). Secara kimia, selulosa merupakan senyawa polisakarida yang terdapat banyak di alam. Bobot molekulnya tinggi, strukturnya teratur berupa polimer yang linear terdiri dari unit ulangan D-Glukopiranososa seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Monomer D-Glukopiranososa pada Selulosa

2.2.2 Keberadaan Selulosa

Selulosa ditemui dalam tumbuhan mikrofibril (diameter 2-20 nm dan panjang 100 – 40000 nm). Struktur rangkaian selulosa adalah struktur ikatan yang kuat pada dinding sel. Serat Selulosa banyak digunakan dalam bentuk *pulp*. Bahan berbasis selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik seperti kekuatan dan modulus regang yang tinggi, kemurnian tinggi, kapasitas mengikat air tinggi, dan struktur jaringan yang sangat baik (Gea, dkk., 2011). Pada Gambar 2.1 dapat dilihat lapisan-lapisan dinding sel kayu dan selulosa mikrofibril. Dinding sel kayu dibagi dalam beberapa lapisan yaitu lamela tengah (LT), dinding sel primer (P), dan dinding sel sekunder (S) (dinding sekunder terbagi dalam lapisan S1, S2, dan S3). Lapisan-lapisan ini mempunyai struktur dan komposisi kimia yang berbeda.

Selulosa merupakan polimer yang relatif stabil dikarenakan adanya ikatan hidrogen. Selulosa tidak larut dalam pelarut air dan tidak memiliki titik leleh. Serat selulosa juga memiliki fleksibilitas dan elastisitas yang baik sehingga dapat mempertahankan *aspect ratio* perbandingan panjang terhadap diameter (L/d) yang tinggi selama proses produksi. Selulosa *microfibril* memiliki beberapa keuntungan seperti; densitas rendah, sumber yang dapat diperbaharui, *biodegradable* mengurangi emisi karbondioksida di alam, kekuatan dan modulus yang tinggi. Dibawah ini tabel kandungan selulosa , hemiselulosa, dan lignin pada beberapa serat alam.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Serat Alam
(Sumber: <http://buletinlitbang. Dephan.go.id>. Tahun 2007)

Nama serat	Selulosa (%)	Hemi selulosa (%)	Lignin (%)	Keterangan
Abaka	60-65	6-8	5-10	Pisang
Coir	43	1	45	Sabut kelapa
Kapas	90	6	-	Bungkus, biji
Flax	70-72	14	4-5	-
Jute	61-63	13	3-13	-
Mesta	60	15	10	-
Palmirah	40-50	15	42-45	-
Nenas	50	-	12	Daunnya
Rami	80-85	3-4	0,5-1	Kulit batang
Sisal	60-67	10-15	8-12	Daun
Straw	40	28	18	-

2.2.3 Macam-macam Selulosa

Berdasarkan Derajat Polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu;

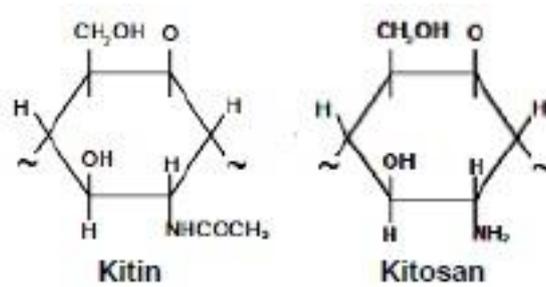
1. Selulosa (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) 600 - 1500. Selulosa α dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa
2. Selulosa β (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15 - 90, dapat mengendap bila dinetralkan
3. Selulosa μ (*Gamma Cellulose*) adalah sama dengan selulosa β , tetapi DP nya kurang dari Selain itu ada yang disebut Hemiselulosa dan Holoselulosa yaitu:
 1. Hemiselulosa adalah polisakarida yang bukan selulosa, jika dihidrolisis akan menghasilkan D-manova, D-galaktosa, D-Xylosa, L-arabinosa dan asam uranat.
 2. Holoselulosa adalah bagian dari serat yang bebas dan sari dan lignin, terdiri dari campuran semua selulosa dan hemiselulosa.

Selulosa α merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi. Selulosa $\alpha > 92\%$ memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan dan atau bahan peledak. Sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain. Selulosa dapat disenyawakan (esterifikasi) dengan asam anorganik seperti asam nitrat (HNO₃), asam sulfat (H₂SO₄) dan asam fosfat (P₂O₅).

2.2.4 Chitosan

Chitosan derivat deasetilasi dari *chitin* terdiri atas satuan-satuan glukosamine yang terpolimerisasi oleh rantai β -1, 4-*glikosidic* (Simunek et al, 2006). Chitosan (poli- β -1,4-*glucosamine*) disiapkan secara komersial dengan deasetilase basa *chitin* yang didapat dari eksoskeleton *crustacea laut* (udang laut). Kandungan *chitin* dari kepala, kulit dan ekor udang mencapai 42-57% dan *chitin* ini bersifat hidrofobik (tidak larut dalam air atau pelarut organik lainnya). Tetapi dapat larut pada larutan asam organik dengan PH dibawah 6 seperti dengan asam asetat, asam laktat dan asam formiat. Chitosan merupakan bahan kimia multiguna berbentuk serat dan merupakan kopolimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, tidak berbau. Apabila chitosan ini dilarutkan dalam garam, air suling, atau media labolatorium akan menunjukkan aktivitas antimikrobial melawan *strain-strain* berfilamen dari fungi, yeast dan bakteri (Rhoades and Roller, 2000). Menurut Hardjito, 2001 bahwa

karena memiliki gugus aktif yang akan berikatan dengan mikroba maka chitosan juga mampu menghambat pertumbuhan mikroba. menurut Rismana, 2001 multiguna chitosan tidak terlepas dari sifat alaminya, sifat alami tersebut dapat dibagi menjadi dua sifat besar, yaitu sifat kimia dan sifat biologi. Kegunaan chitosan beberapa diantaranya yaitu dalam bidang kesehatan, pengolahan air, hidrogel, membran, perekat, antioksidan dan pengemas makanan (Honarkar dan Barikani, 2009).



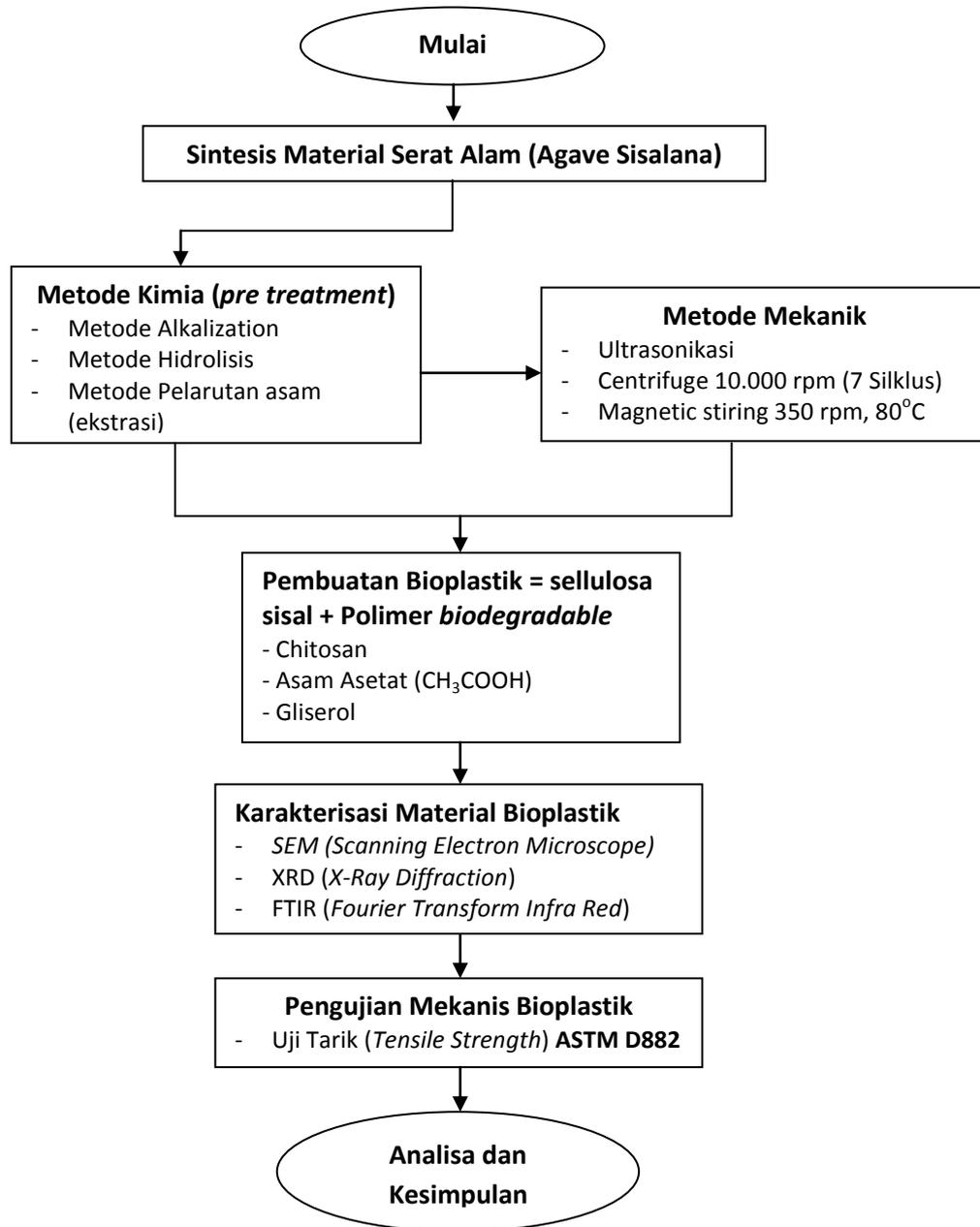
Gambar 2.3 Struktur molekul chitin dan chitosan

2.2.5 Gliserol

Gliserol adalah sebuah komponen utama dari semua lemak dan minyak, dalam bentuk ester yang disebut gliserida. Molekul trigliserida terdiri dari satu molekul gliserol dikombinasikan dengan tiga molekul asam lemak. Gliserol (CH₂OH.CHOH.CH₂OH atau propana-1, 2, 3-triol), dalam bentuk murni, adalah, bening, tidak berwarna, tidak berbau dan dapat larut dalam air dan alkohol, sedikit larut dalam banyak pelarut umum seperti eter dan dioksan, dan tidak larut dalam hidrokarbon. Pada suhu rendah, gliserol kadang-kadang membentuk kristal yang cenderung meleleh pada 17,9° C. Gliserol cair mendidih pada 290°C di bawah tekanan atmosfer normal. Berat jenis 1,26 dan berat molekul adalah 92,09. Gliserol tersebar luas di semua organisme hidup sebagai konstituen dari gliserida. Hal ini digunakan sebagai antibeku molekul oleh organisme tertentu. Pada pembuatan bioplastik ini gliserol digunakan untuk pemlastis material agar material memiliki nilai regangan atau mulur yang baik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Tempat Pengujian

Pengujian dilakukan di laboratorium Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada, Laboratorium Evaluasi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian Bahan

Bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan mikro sellulosa antara lain :

1. larutan basa (NaOH)
2. Etanol
3. Aquades
4. Larutan asam (H_2SO_4) dan (CH_3COOH)
5. Serat Sisal
6. Chitosan
7. Gliserol

3.4 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu peralatan sintesis dan peralatan karakterisasi. Peralatan sintesis antara lain :

1. Timbangan digital
2. Alat vakum dan tabung ampul
3. Oven pengering dan perlakuan panas
4. Gelas kimia dan gelas ukur
5. Corong pisah
6. Kertas timbang dan kertas saring
7. Indikator pH universal
8. Pinset dan Spatula
9. Pipet
10. *Ultrasonikasi Bath*
12. *Centrifuge* 10.000 RPM
13. *Magnetic Stiring*

3.5 Peralatan Karakterisasi dan Uji Mekanik

1. SEM (Scanning Electron Microscope) JEOL-JSMXXX LA
2. Philips Analytical *X-Ray Diffraction*
3. FTIR
4. SHIMADZU AG-Xplus *Material Universal Tester*

3.6 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelusuran pustaka penelitian, meliputi studi literatur yang berkaitan dengan struktur selulosa, pemrosesan secara ekstraksi kimia maupun mekanik, serta teknik karakterisasi yang berkaitan.
2. Melakukan proses sintesis struktur sellulosa dari serat alam *agave sisalana* dengan metode alkalisasi (NaOH), Larutan asam asetat (CH_3COOH), alkohol (etanol), dan melakukan hidrolisis (ekstraksi kimia) hingga didapatkan ukuran sellulosa yang dianggap memiliki aspek rasio (L/d) yang dapat meningkatkan kekuatan bioplastik.
3. Menganalisis sampel hasil sintesis melalui karakterisasi fisis material dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, dan *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR)*.
4. Melakukan pencampuran *cellulosa*, *glicerol* dan *chitosan* dengan *magnetic stiring* pada putaran 350 RPM.
6. Pengujian sifat mekanik uji tarik terhadap *biodegradable plastic* dengan menggunakan *SHIMADZU AG-Xplus Material Universal Tester*.
7. Pengolahan data dan pembahasan hasil penelitian.
8. Penarikan kesimpulan.

3.7 Objek Penelitian

1. Serat sisal sebagai bahan dasar selulosa
2. Chitosan (Biopolimer)
3. Gliserol (pemlastis)

3.8 Prosedur Percobaan

1. Persiapan Bahan dan Alat

Serat sisal yang berasal dari Sumenep, Madura yang di dapatkan di Balai Serat Malang kemudian dibersihkan dan dikeringkan. Kemudian dibuat dipotong kecil-kecil untuk memudahkan dalam penimbangan.

2. *Chemical Treatment* Serat Sisal

Serat sisal yang telah dipotong kecil kemudian direndam ke dalam larutan 6% NaOH. Tujuannya adalah untuk membersihkan dari kotoran dan untuk aktivasi gugus OH yang terdapat dalam serat sisal. Proses perendaman dilakukan selama 3 jam pada suhu 100°C . Hasil rendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatman* dan dibersihkan

dengan aquades hingga menjadi PH netral. Setelah disaring, dilakukan perendaman kembali kedalam 1% NaOH+3% H₂O₂ untuk proses bleaching dan pemurnian serat sisal. Tujuannya untuk membuat ruang diantara selulosa sehingga mudah untuk dipisahkan mikrofibrilnya dan memudahkan pemrosesan selanjutnya yaitu *mechanical treatment*.

3. *Mechanical Treatment* Serat Sisal

Serat Sisal yang tetap berada dalam media air kemudian ditambahkan dengan aquades sebanyak 50 mL. Dilakukan proses pemisahan *microfibril* pada serat sisal dengan menggunakan proses proses ultrasonikasi *bath* (Powersonic LUC-405).

4. Hidrolisis

Proses perlakuan fibrilasi selama 2-3 jam menggunakan alat *magnetic stiring* diharapkan serat terfibrilasi sempurna menghasilkan sellulosa dalam ukuran mikro. Proses ini dilakukan pada putaran 350 RPM dengan suhu 80°C. Kelemahan proses mekanis menurut Henriksson *et al.*, 2007) antara lain kerusakan struktur selulosa mikrofibril dengan berkurangnya berat molekul, derajat kristalinitas atau bahkan dapat terdegradasi.

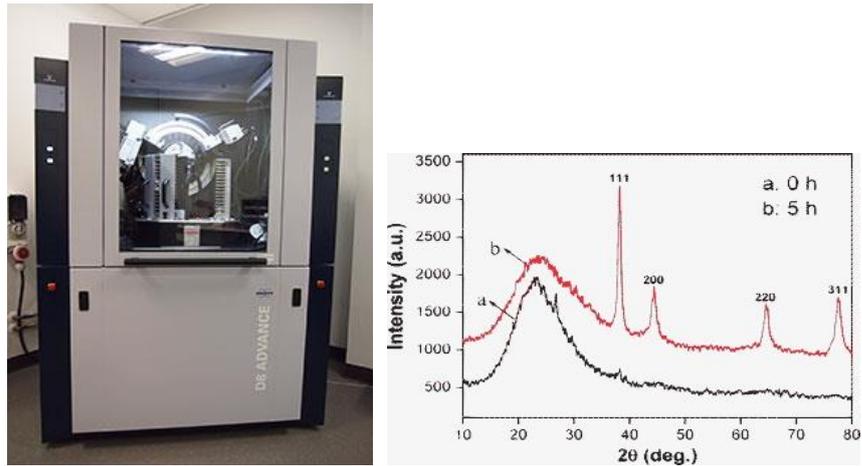
5. Pembuatan Bioplastik Chitosan

Kitosan dengan berat tertentu diukur dengan timbangan digital, kemudian dilarutkan dalam larutan asam asetat (CH₃COOH) di dalam gelas beker kemudian diaduk menggunakan pengaduk *magnetic stiring* selama 30 menit kemudian larutan disaring dengan saringan vakum. Larutan *chitosan* tersebut kemudian dicampur kembali dengan gliserol dan mikro sellulosa dan diaduk kembali selama 15 menit. Larutan *chitosan* kemudian dicetak dalam loyang teflon kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C selama 60 menit. Bioplastik kemudian diuji secara fisis dan mekanis. Kemudian Bioplastik tersebut disimpan dalam suhu ruang 30°C dengan kelembaban 75%. Pengujian diulang kembali setelah 14 hari dan 28 hari.

6. Karakterisasi

a) *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dan jenis fasa yang dihasilkan. Proses karakterisasi yaitu pada awalnya sampel ditempatkan pada holder kemudian dipadatkan. Setelah padat, sampel ditembak dengan sinar X dan dihasilkan data berupa kurva difraktogram yang merupakan kurva antara 2 (sudut) dengan besarnya intensitas.



Gambar 3.2 Alat Karakterisasi XRD

a) *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Karakterisasi SEM dilakukan menggunakan peralatan JEOL –JSM 6360. Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi ukuran dan bentuk dari struktur *microfibril cellulose* dan bioplastik *chitosan* yang dihasilkan.



Gambar 3.3 Alat Karakterisasi SEM

b) *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi senyawa organik yang terdapat pada bioplastik *chitosan* yang telah dibuat. Data pengujian sampel kemudian diolah dengan menggunakan komputer sampai diperoleh kurva bilangan gelombang (cm^{-1}) terhadap intensitas (%).

8. Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian mekanis uji tarik bioplastik *chitosan* sesuai dengan standar D-882 Prosedur Pengukuran *Tensile Strength* dan *Elongation* Bioplastik

BAB IV. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

4.1 Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya yang diusulkan (Rp)
1	Honorarium untuk pelaksana (9%)	900.000,-
2	Bahan peralatan dan bahan habis pakai (70%)	7.000.000,-
3	Perjalanan (8%)	800.000,-
4	Publikasi Jurnal dan Seminar Nasional (13%)	1.300.000,-
TOTAL :		10.000.000,-

4.2 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Persiapan : - Pengadaan serat sisal , chitosan, asam asetat, NaOH, H ₂ S ₂ , dan gliserol - Pengadaan gelas ukur dan gelas labu elenmeyer						
2	Pengukuran: - Penimbangan serat sisal yang telah dipotong kecil-kecil - Pengukuran persentase NaOH - Pengukuran berat asam asetat, dan Gliserol						
3	Pembuatan Microfibril Cellulose: - Perendaman dalam NaOH (Alkali) - Bleaching - Hidrolisis - Ultrasonikasi <i>Process</i> - <i>Centrifuge process</i> - <i>Magnetic stiring process</i>						
4	Pembuatan Bioplastik: - Chitosan - Gliserol - <i>Microfibril cellulose</i> - Pencampuran dengan <i>magnetic stiring</i> - Pengeringan dengan Oven						
5	Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis: - Uji Tarik ASTM D-882						

	<ul style="list-style-type: none"> - Uji SEM - Uji XRD - Uji FTIR 						
6	<p>Analisa dan Pembahasan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh aspek rasio (L/d) terhadap kukakuan bio plastik - Pengaruh Gliserol terhadap elongasi (kuat mulur) bioplastik 						

Daftar Pustaka

- ASTM D 882, Prosedur Pengukuran *Tensile Strength* dan *Elongation* Bioplastik
- Alemdar, A., Sain. M. 2008. Biocomposites from Wheat Straw Nanofibers: Morphology, Thermal and Mechanical Properties. *Composites Science and Technology* 68: 557-565
- Badriyah, Kuni, 2007. Pengaruh Komposisi Gelatin dan Pati Ubi Kayu terhadap sifat Mekanik dan Ketahanan Kimia Bioplastik. Laporan Skripsi Jurusan Fisika Universitas, Brawijaya Malang
- Bradley, Emma L, et al., 2011, Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries. *Trends in Food Science & Technology Vol.22*, pp 604-610
- Ban, W. (2005) Improving the physical and chemical functionally of starch – derived films with biopolymers, *Journal of Applied Polymer Science*, 10, 118-129.
- Ban, W. (2006) Influence of natural biomaterials on the elastic properties of starch-derived films: An optimization study, *Journal of Applied Polymer Science*, 15, 30-38.
- Cahyaningrum, S. E., Rudiana Agustini, dan Nuniek Herdyastuti. 2007. Pemakaian Kitosan Limbah Udang Windu sebagai Matriks Pendukung pada Imobilisasi Papain. *Akta Kimindo, Vol. 2, April 2007*, hal. 93-98.
- Christianty, Maria Ulfa. 2009. Produksi Biodegradabel Plastik Melalui Pencampuran Pati Sagu Termoplastis dan Compatibilized Linier Low Density Polyethylene. *Tesis*. Bogor: IPB
- Dahal, K.R., Utomo, B.I., Brink, M. 2003. Agave sisalana Perrine. In: Brink, M. and Escobin, R.P. (Editors): *Plant Resources of South-East Asia.*, No 17. Fibre Plants
- Darni, Y., Ismiyati, S., Cici (2008) Sintesa bioplastik dari pati pisang dan gelatin dengan gliserol sebagai plasticizer, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

- Damayanti, Dessy. 2003. Teknologi Proses Pembuatan dan Karakterisasi Plastik dari Bahan Campuran Polipropilen dan Tapioka. *Skripsi*. Bogor : IPB
- H. Sosiati, M. Muhaimin, Purwanto D.A. Wijayanti and K. Triyana., 2014, Nanocrystalline Cellulose Studied with a Conventional SEM, *International Conference on Physics*, Published by Atlantis Press, pp 12-15.
- Hanorkar, H. and Barikani, M, 2009. Application of Biopolymers I, Chitosan *Monatsh Chem.*,140, 1403-1420
- Kargarzadeh H, Ahmad I, Abdullah I, Dufresne A, Zainudin SY, Sheltami RM, 2012., Effects of hydrolysis conditions on the morphology, crystallinity, and thermal stability of cellulose nanocrystals extracted from kenaf bast fibers. *Journal of Cellulose*. doi: 10.1007/s10570-012-9684-6
- M. Muhaimin, Wijayanti Dwi Astuti, Harini Sosiati dan Kuwat Triyana., 2014, Fabrikasi Nanofiber Komposit Nanoselulosa/PVA dengan Metode electrospinning, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY, Yogyakarta, ISSN: 0853-0823*, hal. 62-65.
- Oksman, K., Skrifvas, M., Selin, J.F, 2003., Natural Fibers as Reinforcement in Polylactid Acid (PLA) Composites. *Composites Science Technology*, Vol. 6, pp 1317-1324
- Purwanti, Ani, 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi* 3(2):99-106
- Subyakto, Euis Hermiati, Dede Heri Yuli Yanto, Fitria, Ismail Budiman, Ismadi, Nanang Masruchin, Bambang Subiyanto, 2009., Proses pembuatan serat selulosa berukuran nano dari sisal (*agave sisalana*) dan bambu betung (*dendrocalamus Asper*)., *Jurnal Berita Selulosa, Vol. 44, No. 2*, hal 57 – 65
- Taylor, J. R. N. (2006) Novel Food and Nonfood Uses for Sorghum and Millets, *Journal of Cereal Science*, 44, 252-271.
- Talja, Riku, A. (2006) Effect of various polyols content on physical and mechanical properties of potato starch-based films, *Carbohydrate Polymers*, 67, 288-295.
- Turbak, A.F., Snyder, F.W., Sandberg, K.R., 1983, Microfibrillated Cellulose, A New Cellulose Product: Properties, Uses and Chemical Potential. *Journal of Applied Polymer Science : Applied Polymer Symposium*, 37: 815-827
- Zimmermann, T., Pohler, E., Geiger, T., 2004, Cellulose Fibrils for Polymer Reinforcement. *Journal of Advanced Engineering Science*, 6(9): 754-761

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

1. Honor

Honor	Honor/Jam (Rp)	Waktu (Jam/Minggu)	Minggu	Total Honor (Rp)
1. Ketua Peneliti	5000	10	18	900.000,-
Sub Total :				900.000,-

2. Peralatan Penunjang

Peralatan	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1. Sewa Timbangan Digital	Menimbang serat, gliserol, chitosan, dan larutan lain (NaOH, Asam asetat)	paket	500.000,-	500.000,-
2. Sewa Oven, ultrasonic bath multi centrifuge, dan magnetic stiring	Membuat ekstrak selulosa sampai ukuran mikro terkecil	paket	1.250.000,-	1.250.000,-
3. Sewa alat uji SEM	- Melihat ukuran (L/d) serat fibril <i>cellulose</i> dan <i>chitosan</i> - Melihat bioplastik setelah proses	3 sps	500.000,-	1.500.000,-
4. Sewa alat uji XRD	-Uji nilai indeks cristalinity selulosa serat sisal -uji indeks cristalinity chitosan -Uji nilai indeks cristalinity material bio plastik	3 sps x 2 variasi	150.000,-	900.000,-
5. Sewa alat FTIR	-Uji gugus fungsi pada material	3 sps x 2 variasi	100.000	600.000,-
6. Sewa Alat untuk Uji Tarik serat	<i>Molding</i> untuk Membuat Pu-Foam sebagai <i>core</i> dan <i>skin Sandwich Composit</i> (Bahan <i>Akrylic</i>)	10 sps x 2 variasi	50.000,-	1.000.000,-
Sub Total :				5.750.000,-

3. Bahan Habis Pakai

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1. Pembelian serat sisal	Membuat <i>microfibril cellulose</i>	5 kg	50.000,-	250.000,-

2. Pembelian chitosan	Sebagai biopolimer (Sigma Aldrich)	5 gram	100.000,-	500.000,-
3. Gliserol	Sebagai Pemplastis (Sigma Aldrich)	250 ml	2000,-	500.000,-
Sub Total :				1.250.000,-

4. Perjalanan

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1. Perjalanan Yogya-Malang	Pembelian Serat Agave-sisalana	2 kali	200.000,-	400.000,-
2. Transport Lokal	Penelitian di UGM	50 liter	8100,-	400.000,-
Sub Total :				800.000,-

5. Lain-lain

Bahan	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1. Tinta Printer	Cetak Laporan Hasil	1 botol	60.000,-	60.000,-
2. Kertas HVS	Cetak Laporan Hasil	1 rim	40.000,-	40.000,-
3. Fotocopy dan jilid	Penggandaan Dokumen Laporan	Paket	150.000,-	150.000,-
4. Seminar Nasional	Pemakalah seminar Nasional ber ISBN	1 kali	600.000,-	750.000,-
5. Jurnal Nasional	Jurnal Nasional ber ISSN	1 kali	300.000,-	300.000,-
Sub Total :				1.300.000,-

BIODATA KETUA PENELITI

A. Identitas diri :

1	Nama Lengkap	Ferriawan Yudhanto, S.T.,M.T
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIDN/NIK	0527078005 / 19800727201210 183003
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Yogyakarta, 27 Juli 1980
6	E-mail	ferriawan@umy.ac.id
7	HP-1/HP-2	081904104679 / 081328035291
8	Institusi PT	Program Vokasi, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
9	Alamat Kantor	Gedung F4 Lantai Dasar Kampus Terpadu UMY, Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta

10	Nomor Telepon/Faks	(0274) 387656- Ext.265
11	Mata Kuliah yang Diampu	1. Komposit
		2. Mekanika Kekuatan Bahan
		3. Teknik Pengukuran
		4. Getaran dan Akustik

B. Riwayat Pendidikan

	D-3	S-1	S-2
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Bidang Ilmu	Manufaktur	Rekayasa Material	Rekayasa Material
Tahun Masuk-Lulus	1998 – 2001	2002 – 2005	2005-2007
Judul Skripsi/Tesis/Desertasi	Perancangan dan Pembuatan Tiang <i>Car Lift</i>	Penelitian Sifat Fisis dan Mekanis Pada Pengecoran Paduan 75% Al Profil dan 25% Al Piston yang Dicetak dengan Menggunakan Cetakan Logam dengan Variasi Suhu Cetakan 300°C dan 400°C	Kajian Kinerja Panel Akustik Dari Bahan Kayu Sengon Laut Sebagai Insulasi Bunyi
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Greg Hardjanto, M.T	Ir. Samsudin	Prof.Dr. Jamasri (I) Ir. Subagio, M.Sc (II)

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2010	Kajian Kinerja Serapan Bising Sel Akustik Dari Bahan Kayu Olahan (<i>Engineering Wood</i>)	DIKTI	9,75
2	2011	Pengaruh Perlakuan Alkali Pada Serat Agave dan Ketebalan Inti Terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit <i>Sandwich Serat Agave-Polyester</i> dengan	DIKTI	4,75

		Inti Kayu Olahan (<i>Engineering Wood</i>)		
3	2015	Pengaruh Arah Orientasi Serat Agave Sisalana Bermatrik Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Lamina Untuk Pembuatan Lambung Kapal Boat	RISTEK DIKTI	5
4	2015	Kajian Kinerja Sel Akustik <i>Sandwich Composite</i> dengan inti Polyurethane foam diperkuat Serat Agave Sisalana-Polyester Terhadap Serapan Bising	UMY	6
5	2016	Karakterisasi Hasil Perlakuan Alkali Terhadap Topografi Permukaan, Kekuatan Tarik dan Model Patahan Serat Tunggal Agave Sisalana Terhadap Kemampuan Rekat Matriks Polyester	RISTEK DIKTI	11,6

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Kegiatan Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2015	Pelatihan DAPODIK (Data Pokok Pendidikan) Aisyiyah Kab.Bantul Yogyakarta	Mandiri	1,5

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1	Pengaruh Perlakuan Alkali pada Serat Agave dan Ketebalan Inti Terhadap Kekuatan Bending Komposit <i>Sandwich</i> Serat Agave-Polyester dengan Inti Kayu Olahan (<i>Engineering Wood</i>)	JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI (TEKNOIN)	Vol 21, Nomor 1, Maret 2015
2	<i>Characterization of Performance Acoustic Sandwich Composite with a Core of Polyurethane Foam Agave Sisalana Fiber Reinforced Polyester For Noise Absorption</i>	JURNAL TEKNOLOGI	Vol 8, Nomor 2, Desember 2015

F. Pemakalah seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOIN, “Pengembangan Teknologi Manufaktur untuk Menunjang Penguatan Daya Saing Bangsa” ISBN No. 978-979-96964-3-9	Kajian Kinerja Serapan Bising Sel Akustik dari Bahan Kayu Olahan (<i>engineering wood</i>)	Universitas Islam Indonesia, November 2012
2	PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN (SNTT 2015) “Inovasi Budaya dan Teknologi untuk Kemajuan Bangsa” ISBN 978-602-1159-16-3	Aplikasi Panel Penyerap Bunyi Dari Bahan <i>Sandwich Composite</i> Sebagai Dinding Interior Ruangan	Sekolah Vokasi UGM, November 2015

G. Karya Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Tidak Ada			

H. Perolehan HKI Dalam 5-10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	Tidak Ada			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Yogyakarta, 08 Oktober 2016


Ferriawan Yudhanto, S.T.,M.T
NIDN : 0527078005

LAMPIRAN 2

Surat Pernyataan Peneliti

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proposal Penelitian Dosen Muda yang saya usulkan ke Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh bantuan dana penelitian lain yang dibiayai oleh Ditlitabmas Ditjen DIKTI, dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah proposal ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 08 Oktober 2016



Ferriawan Yudhanto, S.T.,M.T.